

最近のエポキシ樹脂塗装鉄筋の諸性能について

鹿児島大学工学部 学生会員 ○松田 隆志

鹿児島大学工学部 正会員 武若 耕司

鹿児島大学工学部 正会員 山口 明伸

1. はじめに

近年コンクリート構造物の設計体系移行しつつある性能照査型設計に移行し始め、エポキシ樹脂塗装鉄筋（以下、EP 鉄筋と称す）は塩害対策のための重要な材料の一つとして再認識されてきた。その品質は土木学会「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針(案)」によって規定されているが、昭和61年の指針制定以降の材料品質や、加工技術の向上等により、EP 鉄筋の性能は当時と異なっている可能性がある。そこで本研究では、最近の EP 鉄筋の諸性能について確認するための実験を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

実験に使用した EP 鉄筋は、異形鉄筋（D10、D13、D16、D19、D25）にプラスト処理を施した後、エポキシ樹脂を静電粉体塗装させたものである。塗膜厚は、目標塗膜厚を指針規格値の $200\mu\text{m}$ としたものに、 $250\mu\text{m}$ および $300\mu\text{m}$ のものを用意した。また、付着試験には、比較のため上記 EP 鉄筋の素地鉄筋と同種の無塗装鉄筋も使用した。付着試験用コンクリートは、早強ポルトランドセメントを用い、目標スランプ値 $10\pm 2\text{cm}$ 、試験時圧縮強度 $300\pm 30\text{kgf/cm}^2$ として、その配合を表-1 のように定めた。

表-1 コンクリート配合

W/C	s/a	単位量(kg/m^3)			
		W	C	S	G
0.6	0.45	203	338	857	911

2.2 試験方法

EP 鉄筋の品質・性能試験として、塗膜厚試験、ピンホール試験、曲げ加工性試験、耐衝撃性試験および付着特性試験を現行の指針(案)に準じて実施した。

表-2 平均塗膜厚と標準偏差

目標膜厚	200	250	300
測定平均	198.15	254.79	279.36
標準偏差	16.18	17.50	19.82

3. 結果と考察

3.1 塗膜厚およびピンホール試験

塗膜厚試験は、長さ 50cm の D25EP 鉄筋を使用し、塗膜厚 $200\mu\text{m}$ 、 $250\mu\text{m}$ 、 $300\mu\text{m}$ それぞれについて 3 本ずつ測定を行った。なお、測定点数は、1 本につき 25 点である。得られた平均塗膜厚と標準偏差を表-2 に、実測膜厚の正規分布を図-1 に示す。現行指針では、塗膜厚のバラツキの基準として、平均塗膜厚が目標値の $\pm 50\mu\text{m}$ であることおよび、全体の 90% が目標値の $\pm 50\mu\text{m}$ の範囲にあることとしている。今回検討した EP 鉄筋は塗膜厚の如何にかかわらず、すべてこの条件を満足したが、膜厚が大きくなるにしたがってバラツキはいくぶん大きくなる傾向にあった。

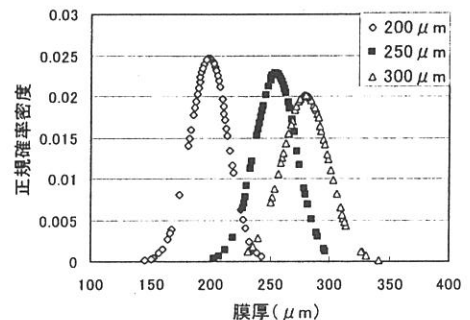


図-1 実測膜厚の正規分布

ピンホール試験は、鉄筋径 3 種類、膜厚 3 水準の計 9 種類の EP 鉄筋について各 5 本ずつ実施した。各種類の 1m 当りのピンホール数を表-3 に示す。指針では、 1m 当りのピンホール数を D19 以下の鉄筋径の場合で 5 個以内、D22 以上の場合は 8 個以内と定めており、今回検討したものはいずれもこの基準を満たしていた。なお、ピンホール数は、膜厚が大きくなるにしたがって減少する傾向が見られた。

表-3 1m 当りのピンホール数

	D16	D19	D25
$200\mu\text{m}$	2.1	1.5	1.7
$250\mu\text{m}$	0.4	0.4	0.4
$300\mu\text{m}$	0.3	0.7	0.5

3.2 曲げ加工性試験

曲げ加工性試験を実施した EP 鉄筋の種類は、ピンホール試験と同様の 9 種類であり、各 5 本ずつ試験を行った。その結果、D16、D19 については塗膜厚の如何に関わらず写真-1 に示すように試験による塗膜の破損は見られなかった。D25 においては塗膜厚 300 μm の場合において、5 本のうち 3 本に塗膜損傷が認められた。指針では、剥離およびうきの発生頻度が 20% 以下でなければならないとしており、塗膜厚 300 μm の D25 鉄筋を除きすべてが合格であった。

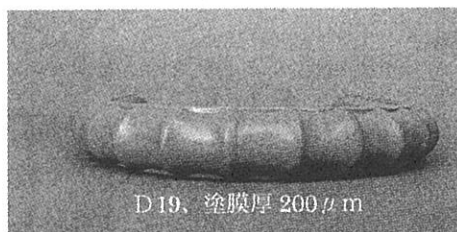


写真-1 曲げ加工後の EP 鉄筋

3.3 耐衝撃性試験

耐衝撃性試験は、D25 の鉄筋について、塗膜厚 3 水準で各 3 本ずつ実施した。同じ試験を 2 度行い、その結果得られた各塗膜厚における破損率を図-2 に示す。指針では、衝撃強度 30 $\text{kg}\cdot\text{cm}$ で破損率が 20% 以下でなければならないと定められており、今回の結果では、塗膜厚 200 μm のみが合格した。なお、全体的な傾向としては、膜厚の増加にしたがって破損率も高くなるようである。

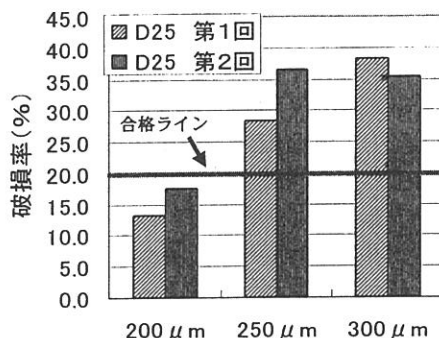


図-2 各塗膜厚の破損率

3.4 付着特性試験

付着特性は、D10、D13、D19 の鉄筋について、無塗装および 3 種類の塗膜厚の場合を検討した。試験供試体は、立方体 (15 $\times$ 15 $\times$ 15 cm) のコンクリートの中央に鉄筋を設置したもので、コンクリートの強度が所定の値に達した時点で鉄筋の引抜き試験を実施した。一例として、D10 鉄筋における平均付着応力度-すべり曲線を図-3 に示す。いずれの径の鉄筋についても、すべり始めの時点では、同一付着応力度におけるすべり量は EP 鉄筋が無塗装鉄筋より大きい、付着応力度が大きくなると両者のすべり量の差はそれほどなくなる傾向にあった。また、塗膜厚の影響については、塗膜厚が大きくなるにしたがってすべり量は大きくなるとともに、付着応力度-すべり関係のパラッキも大きくなることが確認された。表-4 に、すべり量 0.3 mm における無塗装鉄筋の付着応力度に対する EP 鉄筋の比率を示す。指針では、最大付着応力度は無塗装鉄筋の 80% でなければならないとしているが、今回の試験では、無塗装鉄筋の場合にコンクリートに割裂ひび割れが発生するなどして、正確な最大付着応力度を得ることができなかった。このため、ここでは EP 鉄筋において最大付着応力度のおよそ 80% の応力度でのすべり量に相当する 0.3 mm のすべり量における両者の応力度の比を検討の対象とした。その結果、塗膜厚 300 μm の場合には、いずれの鉄筋径においても付着応力度比率が 80% を下回る結果となった。

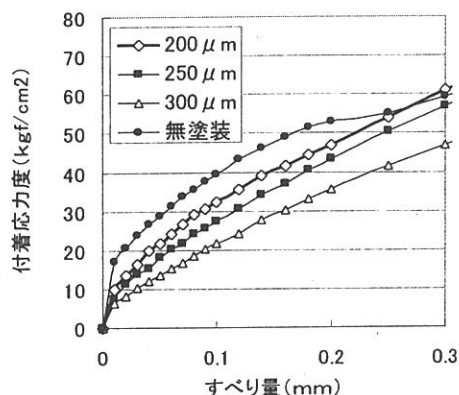


図-3 D10 におけるすべり曲線

表-4 無塗装鉄筋に対する付着応力度の比率

	200 μm	250 μm	300 μm
D10	89.0	83.5	77.0
D13	101.7	118.9	81.1
D19	82.5	89.0	76.5

注：すべり量 0.3 mm における比率 (%)

謝辞：今回の試験を実施するにあたり多大なご協力を賜った安治川鉄工建設(株)に対し感謝の意を表します。